

A-Insinöörit Suunnittelu Oy

## ► Rautajalan tuulivoimapuisto, Kokkola, Suomi

Melu- ja väkelaskelmat

Assignment no.: 640.002.01 Document no.: KVT/2025/R103/JaM Version: J03 Date: 2026-01-09



**Asiakas:** A-Insinöörit Suunnittelu Oy  
**Asiakkaan yhteyshenkilö:** Katri Peltoniemi  
**Konsultti:** Kjeller Vindteknikk Oy, Tekniikantie 14 02150 Espoo  
**Toimeksiannon yhteyshenkilö:** Ville Lehtomäki

Versio	Päivämäärä	Kuvaus	Tekijä	Tarkastaja	Hyväksyjä
J03	9.1.2026	Kirjoitusvirhe korjattu	Janne Mäkinen	Pyry Pentikäinen	Mona Kurppa
J02	3.12.2025	Korjauksia taulukoiden muotoiluun	Janne Mäkinen	Pyry Pentikäinen	Ville Lehtomäki
J01	19.11.2025	Melu- ja väkelaskelmat	Janne Mäkinen	Pyry Pentikäinen	Ville Lehtomäki

Tämä dokumentti on tehty vain asiakkaan käyttöön. Mikään kolmas osapuoli ei saa vedota raporttiin tai sen tuloksiin eikä Kjeller Vindteknikk Oy ole vastuussa raportista tai sen tuloksista kolmansille osapuolille

## ► Yhteenveto

Rautajalan suunniteltu tuulipuisto sijaitsee Kokkolassa Keski-Pohjanmaan maakunnassa. Melu- ja väkelaskelmat on tehty kahdelle Rautajalan tuulipuiston turbiinis suunnitelmalle, joita kutsutaan tässä raportissa nimillä VE1 ja VE2. VE1-suunnitelmassa on 30 turbiinia ja VE2-suunnitelmassa 20 turbiinia. Laskelmissa on huomioitu läheiset Akkalankankaan ja Pihtinevan tuulipuistot.

Melulaskelmissa on käytetty ISO 9613-2 laskentamenetelmää. Ulkomelutasojen raja-arvot (valtioneuvoston asetus 1107/2015) ylittyvät VE1-suunnitelmassa rakennuksilla C, D, F, G, H, K, T, AC, AD ja AG. VE2-suunnitelmassa ohjearvo ylittyy rakennuksilla C, D, AC ja AD. Rakennuksilla F, G, H, K, T ja AG raja-arvojen ylitys johtuu Rautajalan ja Pihtinevan puistojen yhteisvaikutuksesta, mutta Pihtinevan puiston vaikutus on suurempi. Raja-arvojen sisällä pysyminen voidaan toteuttaa rajoittamalla jommankumman puiston tai molempien puistojen turbiineja. Rakennuksille C, D, AC ja AD suurin osa melusta aiheutuu Pihtinevan puistosta, joka yksinään aiheuttaa melurajojen ylittymisen. Rautajalan tuulivoimaloiden meluvaikutus kyseisille rakennuksille on pienempi, ja raja-arvojen alittaminen vaatii vain Pihtinevan tuulivoimaloiden melutason rajoittamista. Matalataajuinen sisämelu täyttää sosiaali- ja terveystieteiden asettamat vaatimukset.

Väkelaskelmissa ei ole huomioitu metsää. Väkelaskelmien perusteella VE1-suunnitelmassa 30 minuutin päivittäinen suositusarvo ylittyy rakennuksilla C, D, F, G, H, J, L, U, AC, AE, AF, AG, AR, AS, AT ja AV. 8 tunnin vuosittainen suositusarvo ylittyy rakennuksilla H, L, AA, AC, AR, AS ja AT. Laskelmien perusteella VE2-suunnitelmassa 30 minuutin päivittäinen suositusarvo ylittyy rakennuksilla C, D, F, G, H, J, L, U, AC, AE, AF, AG, AL, AR, AS, AT ja AV. 8 tunnin vuosittainen suositusarvo ylittyy rakennuksilla L, AA, AC, AR, AS ja AT. Sekä VE1- että VE2-suunnitelmassa rakennuksien C, D, F, G, J, L, AC, AE ja AF kohdalla välkettä aiheutuu ainoastaan viereisestä Pihtinevan tuulipuistosta. Rakennuksen H kohdalla välkettä aiheutuu Pihtinevan ja Rautajalan yhteisvaikutuksena. Rakennuksien AR, AS, AT ja AV kohdalla välkettä aiheutuu ainoastaan viereisestä Akkalankankaan tuulipuistosta. Rakennuksien U ja AG kohdalla ylitys johtuu Rautajalan VE1- ja/tai VE2-suunnitelman turbiineista. Rakennuksen AL kohdalla ylitys tapahtuu vain Rautajalan VE2-suunnitelmalla. Suositusarvojen sisällä pysyminen voidaan toteuttaa rajoittamalla välkettä aiheuttavia turbiineja.

## Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Melulaskelmat</b>	<b>7</b>
2.1	Melun ohjearvot	7
2.2	Melun lähtöarvot	7
2.3	ISO 9613-2 melulaskelmat	10
2.3.1	<i>Keskiäänitasojen mallinnuksen tulokset</i>	10
2.3.2	<i>Pienitaajuinen melu</i>	12
<b>3</b>	<b>Väkelaskelmat</b>	<b>16</b>
3.1	Menetelmä ja lähtötiedot	16
3.2	Välkevaikutukset	17
<b>4</b>	<b>Lähdeluettelo</b>	<b>19</b>
<b>Liite A.</b>	<b>Rakennusten ja voimaloiden koordinaatit</b>	<b>I</b>
<b>Liite B.</b>	<b>ISO 9613-2 melumallinnuskartat</b>	<b>V</b>
<b>Liite C.</b>	<b>Välkemallinnuskartat</b>	<b>VII</b>
<b>Liite D.</b>	<b>Asiakkaalta saatu data</b>	<b>IX</b>

# 1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään suunnitellun Rautajalan tuulipuiston melu- ja väkelaskelmat. Suunniteltu Rautajalan tuulipuisto sijaitsee Kokkolassa Keski-Pohjanmaan maakunnassa.

Rautajalan tuulivoimapuistoon on suunniteltu rakennettavan joko 30 tai 20 turbiinia. Mallinuksissa käytetyt turbiinin melutiedot perustuvat Nordex N175 6.8 MW turbiiniin. Melulaskelmissa käytetään 212.5 m napakorkeutta ja 175 m roottorinhalkaisijaa. Väkelaskelmissa turbiineille on oletettu 200 m napakorkeus ja 200 m roottorinhalkaisija. Väkelaskelmissa lapojen mitat on skaalattu Nordexin N175-turbiinista vastaamaan 200 metrin roottorinhalkaisijalla olevaa turbiinia.

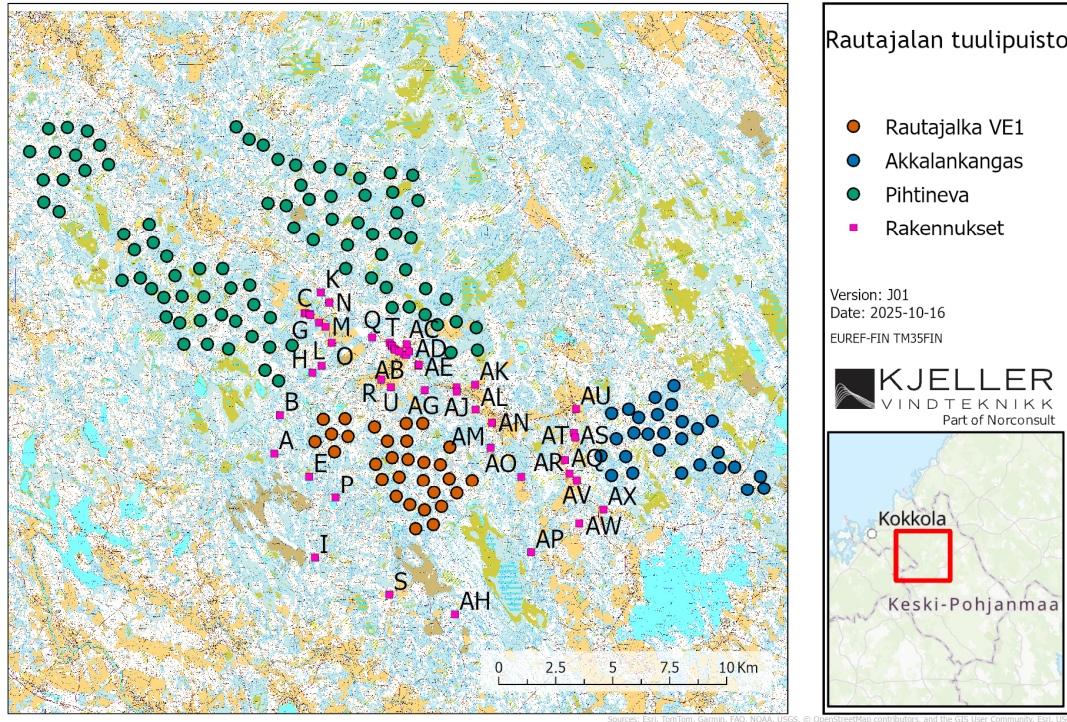
Rautajalan tuulipuiston perustiedot on esitetty taulukossa 1 ja turbiinien sijainnit on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Asiakas on toimittanut tietoja läheisistä Akkalankankaan ja Pihtinevan tuulipuistoista. Läheisten tuulipuistojen perustiedot on esitetty liitteessä A.

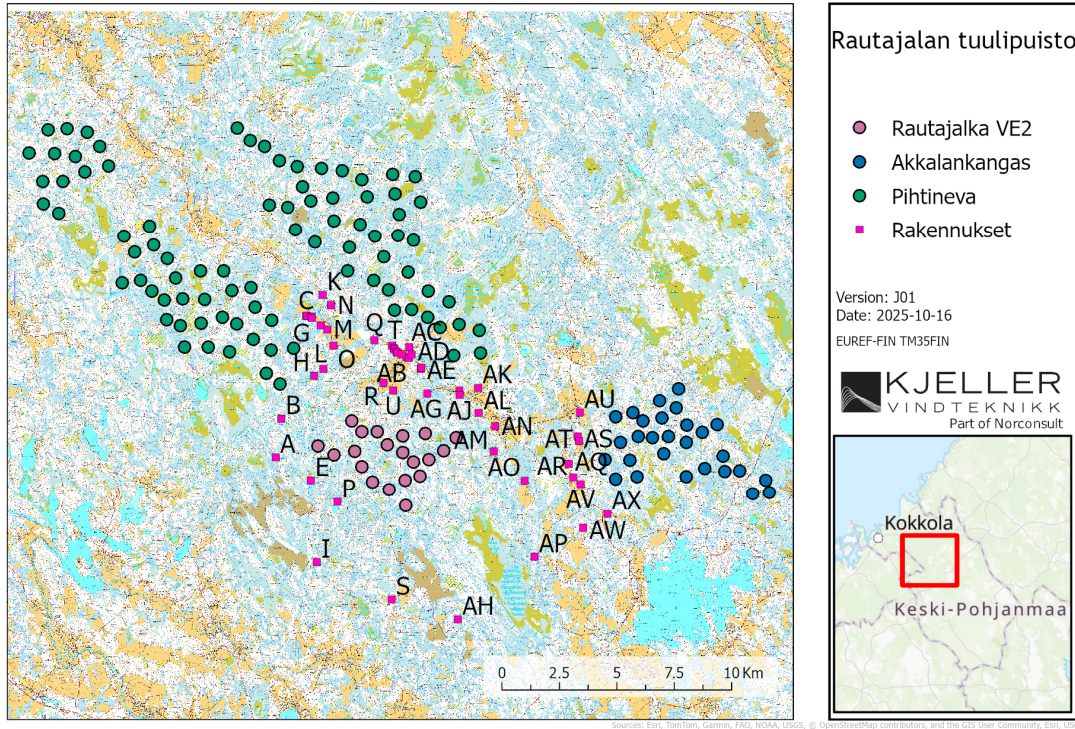
Melutasot ja välke on laskettu 50 rakennukselle. Rakennukset on esitetty kuvissa 1. ja 2. Rakennusten koordinaatit ja perustusten korkeudet on esitetty liitteessä A.

*Taulukko 1. Rautajalan sekä ympäröivien tuulipuiston perustiedot välke- ja melulaskelmissa.*

Tuulipuisto	Turbiinimalli	Turbiinien lukumäärä	Nimellisteho [MW]	Roottorin halkaisija [m]	Napa-korkeus [m]	Kokonais-korkeus [m]
<b>Rautajalka</b>	Nordex N175/6.X	VE1: 30 VE2: 20	6,8	Melu: 175 Välke: 200	Melu: 212,5 Välke: 200	300
<b>Akkalankangas</b>		28				
<b>Pihtineva</b>		86				



Kuva 1. Rautajalka VE1 turbiinien sekä läheisten rakennusten ja läheisten puistojen turbiinien sijainnit.



Kuva 2. Rautajalka VE2 turbiinien sekä läheisten rakennusten ja läheisten puistojen turbiinien sijainnit.

## 2 Melulaskelmat

Melumallinnus on tehty Ympäristöministeriön ohjeen 2/2014 "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen" [1] mukaisesti määritetyillä laskentaparametreilla, poislukien maastomallin resoluution osalta, jonka vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä lopputuloksiin. Ohjeiden mukaan on mallinnettava sekä normaali- että pienitaajuinen melu. Pienitaajuinen melu lasketaan taajuusalueella 20-200 Hz. Melulaskelmissa käytetään ISO 9613 menetelmää, joka on saatavilla WindPRO ohjelmistossa [2]. Mallinnus on tehty WindPRO versiolla 4.1.254.

### 2.1 Melun ohjearvot

Valtioneuvoston asetuksen 1107/2015 mukaiset tuuliturbiinien ulkomelun ohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tuuliturbiinien ulkomelun ohjearvot [3].

Rakennuksen tyyppi	Sallittu ulkomelutaso päivällä (klo 7-22), $L_{Aeq}$ [dB]	Sallittu ulkomelutaso yöllä (klo 22-7), $L_{Aeq}$ [dB]
<b>Pysyvä asutus ja loma-asutus</b>	45	40

Matalataajuiselle sisämelun Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 545/2015 [4] mukaiset toimenpiderajat on esitetty taulukossa 3. Nämä rajat koskevat nukkumiseen tarkoitettua tiloja ja arvot ovat tunnin äänitason keskiarvoja. Päivällä sallitaan melutasot, jotka ovat 5 dB taulukossa esitettyjä arvoja korkeampia. Sisämelun laskemiseksi on oletettu taulukon 4 mukainen äänieristys.

Taulukko 3. Pienitaajuisen melun toimenpiderajat yöllä taajuuskaistoittain [4].

f [HZ]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
$L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

Taulukko 4. Asuinrakennusten äänieristys, DL (äänitasoero) [5].

f [HZ]	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
<b>DL [dB]</b>	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Ympäristöministeriön ohjeiden mukaan tuuliturbiinien melun laskelmat tulee tehdä 8 m/s tuulen nopeudella 10 m korkeudella.

### 2.2 Melun lähtöarvot

Ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti lähtöarvoina tulisi käyttää tuuliturbiinien melupäästöjen takuuarvoja. Asiakkaalta on saatu sekä Rautajalan että läheisten tuulivoimapuistojen turbiineille melupäästöt 1/3 oktaaveittain turbiinille, jonka napakorkeus on 179 metriä. Tämän raportin melumallinnuksessa kaikkien turbiinien napakorkeutena on käytetty asiakkaan ilmoittamaa 212,5 metriä, mutta meluarvot ovat soveltuvia sillä molemmilla napakorkeuksilla turbiini toimii nimellistehollaan silloin, kun tuulennopeus on 8 m/s 10 metrin korkeudella. Koska saatavilla olevat äänitehotasot eivät ole IEC 61400-14 [6] mukaisesti määritettyjä takuuarvoja, on lähtödataan lisätty varmuusarvona 2 dB Ympäristöministeriön muiston YM9/5511/2016 [7]

mukaisesti. Rautajalan sekä läheisten tuulivoimapuistojen turbiinien eri tuulennopeuksien melupäästöt on valmiiksi annettu 8 m/s tuulelle 10 m korkeudella.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukaan äänitasoon on lisättävä 2 dB (A), jos turbiinien perustuksen ja melun kohteena olevan rakennuksen korkeusero ylittää 60 m. Lisäksi 5 dB (A) on lisättävä, jos ääntä pidetään impulssimaisena, kapeakaistaisena tai sykkivänä (äänenvoimakkuuden ajallinen vaihtelu, amplitudimodulaatio). Rautajalassa korkeuserot ovat pieniä eikä impulssimaista tai kapeakaistaista ääntä ole oletettu. Näitä lisäyksiä ei ole tehty voimaloiden melupäästön lähtöarvoihin. Melupäästön lähtöarvot on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

*Taulukko 5. Äänitasot oktaaveittain ja kokonaisäänitaso 8 m/s tuulennopeudella 10 m korkeudessa. Taulukon luvut eivät sisällä 2 dB varmuusarvoa. Luvut on muutettu 1/3 oktaavidatasta WindPRO ohjelmalla.*

Taajuus [Hz]	Rautajalka N175/6.X 6800 without serrated trailing edges [dB(A)]
62,5	89.7
125	96.5
250	100.7
500	102.2
1000	104.1
2000	102.3
4000	91.1
8000	73.4
<b>Kokonais- melupäästö</b>	<b>108,9</b>

Taulukko 6. Äänitasot 1/3 oktaaveittain ja kokonaisäänitaso 8 m/s tuulennopeudella 10 m korkeudessa. Taulukon luvut eivät sisällä 2 dB varmuusarvoa.

Taajuus [Hz]	Rautajalka Nordex N175/6.X without serrated trailing edges	Akkalankangas Nordex N175/6.X without serrated trailing edges [dB(A)]	Pihtineva Nordex N175/6.X without serrated trailing edges
10	59,1	59,1	59,1
12,5	63,9	63,9	63,9
16	68,5	68,5	68,5
20	71,8	71,8	71,8
25	75,2	75,2	75,2
31,5	77,1	77,1	77,1
40	78,3	78,3	78,3
50	80,3	80,3	80,3
63	84,6	84,6	84,6
80	87,3	87,3	87,3
100	88,9	88,9	88,9
125	91,5	91,5	91,5
160	93,5	93,5	93,5
200	94,8	94,8	94,8
250	95,8	95,8	95,8
315	96,9	96,9	96,9
400	97,0	97,0	97,0
500	97,1	97,1	97,1
630	98,2	98,2	98,2
800	99,0	99,0	99,0
1000	99,2	99,2	99,2
1250	99,7	99,7	99,7
1600	99,5	99,5	99,5
2000	97,4	97,4	97,4
2500	93,9	93,9	93,9
3150	89,6	89,6	89,6
4000	84,6	84,6	84,6
5000	79,7	79,7	79,7
6300	72,6	72,6	72,6
8000	64,9	64,9	64,9
10 000	55,5	55,5	55,5
<b>Kokonais- melupäästö</b>	<b>108,9</b>	<b>108,9</b>	<b>108,9</b>

## 2.3 ISO 9613-2 melulaskelmat

Mallinnuksessa käytetyt parametrit on esitetty taulukossa 7. Melumallinnukseen valittiin 50 puistoa lähimpänä olevaa rakennusta. Lisäksi tuulipuiston alueella on yksi luonnonsuojelualue.

Taulukko 7. ISO 9613-2 laskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo
Immissiopisteiden korkeus	4 m
Suhteellinen kosteus	70 %
Ilman lämpötila 2m korkeudella	15 °C
Maastomallin lähde	Korkeusmalli 10 m, Maanmittalaitos
Maastomallin vaakaresoluutio	10 m x 10 m
Maastomallin pystyresoluutio	1.4 m
Maan- tai vedenpinnan absorption ja Heijastuksen vaikutus	Vaikutuskerron 0,4
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen	vapaa avaruus
Melumallinnuksessa käytettyjen rakennusten lukumäärä	50

### 2.3.1 Keskiäänitasojen mallinnuksen tulokset

Rakennusten A-AQ mallinnetut melutasot on esitetty taulukossa 8. 35, 40, 45 ja 50 dB melurajat kartalla on esitetty liitteessä B (kuvat B1-B2). VE1-suunnitelmassa ohjearvot ylittyvät rakennuksilla C, D, F, G, H, K, T, AC, AD ja AG. VE2-suunnitelmassa ohjearvo ylittyy rakennuksilla C, D, AC ja AD. Rakennuksilla F, G, H, K, T ja AG raja-arvojen ylitys johtuu Rautajalan ja Pihtinevan puistojen yhteisvaikutuksesta, mutta Pihtinevan puiston vaikutus on suurempi. Raja-arvojen sisällä pysyminen voidaan toteuttaa rajoittamalla jommankumman puiston tai molempien puistojen turbiineja. Rakennuksille C, D, AC ja AD suurin osa melusta aiheutuu Pihtinevan puistosta, joka yksinään aiheuttaa melurajojen ylittymisen. Rautajalan tuulivoimaloiden meluvaikutus kyseisille rakennuksille on pienempi, ja raja-arvojen alittaminen vaatii vain Pihtinevan tuulivoimaloiden melutason rajoittamista.

Taulukko 8. Melumallituksen tulokset VE1- ja VE2-suunnitelmalle. Ohjearvot ylittävät arvot merkitty punaisella.

Rakennus	Ulkomelutaso L <sub>Aeq</sub> [dB]	
	VE1	VE2
A	36,7	35,9
B	39,5	38,6
C	40,6	40,5
D	40,5	40,4
E	39,2	39,0
F	40,1	40,0
G	40,1	40,0
H	40,5	40,0
I	31,6	30,5
J	39,5	39,4
K	40,1	40,0
L	39,5	39,1
M	39,0	38,9
N	39,7	39,6
O	38,6	38,4
P	38,4	38,7
Q	39,5	39,4
R	39,1	38,8
S	32,2	29,2
T	40,1	40,0
U	40,0	39,6
V	39,9	39,8
W	39,9	39,7
X	39,7	39,6
Y	39,6	39,5
Z	39,7	39,6
AA	39,8	39,6
AB	39,8	39,7
AC	41,2	41,1
AD	40,4	40,3
AE	39,9	39,7
AF	40,0	39,8
AG	40,5	39,7
AH	30,4	27,5
AI	39,5	39,4
AJ	39,2	39,2
AK	38,9	38,8
AL	38,1	38,5
AM	39,0	36,8
AN	37,1	36,7
AO	36,0	33,4
AP	32,0	29,8
AQ	37,9	37,7

Rakennus	Ulkomelutaso L <sub>Aeq</sub> [dB]	
	VE1	VE2
AR	38,1	37,9
AS	39,3	39,1
AT	39,8	39,7
AU	38,5	38,4
AV	38,9	38,7
AW	33,9	33,5
AX	37,6	37,4

### 2.3.2 Pienitaajuinen melu

Rakennusten A-AX pienitaajuisen melun mallinnustulokset on esitetty taulukoissa 9 (VE1) ja 10 (VE2). Tulokset ovat kaikkien äänitaajuuksien osalta ohjearvojen sisällä (taulukko 3).

Taulukko 9. Pienitaajuisen melun mallinnustulokset VE1-suunnitelmalle. Ohjearvot eivät ylitä millään rakennuksella.

L <sub>eq</sub> [dB]	Taajuus [Hz]										
	Rakennus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
A	53,8	50,3	45,8	40,8	36,8	34,9	31,2	26,2	22,0	16,2	12,2
B	55,3	51,9	47,4	42,4	38,4	36,6	32,9	28,1	23,9	18,4	14,6
C	56,4	53,0	48,4	43,4	39,5	37,7	34,1	29,2	25,1	19,6	15,8
D	56,3	52,9	48,4	43,4	39,4	37,6	34,0	29,2	25,0	19,5	15,7
E	54,9	51,5	46,9	41,9	37,9	36,1	32,5	27,6	23,5	18,0	14,2
F	56,2	52,8	48,2	43,3	39,3	37,5	33,9	29,0	24,8	19,3	15,5
G	56,2	52,8	48,2	43,2	39,2	37,5	33,8	28,9	24,8	19,3	15,4
H	56,1	52,7	48,2	43,2	39,2	37,4	33,8	28,9	24,8	19,3	15,5
I	51,0	47,6	43,0	37,9	33,8	31,9	28,1	22,9	18,3	12,2	7,6
J	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,5	18,9	15,0
K	56,3	52,9	48,3	43,3	39,3	37,6	33,9	29,1	24,9	19,4	15,5
L	55,8	52,4	47,8	42,8	38,8	37,0	33,4	28,5	24,4	18,8	14,9
M	55,7	52,3	47,8	42,8	38,8	37,0	33,4	28,4	24,2	18,6	14,7
N	56,1	52,7	48,1	43,1	39,1	37,4	33,7	28,8	24,7	19,1	15,2
O	55,5	52,1	47,6	42,6	38,6	36,8	33,1	28,2	24,0	18,3	14,3
P	54,7	51,3	46,7	41,7	37,7	35,9	32,3	27,4	23,2	17,6	13,8
Q	55,8	52,4	47,9	42,9	38,9	37,1	33,5	28,6	24,4	18,8	15,0
R	55,7	52,3	47,8	42,8	38,8	37,0	33,4	28,5	24,3	18,7	14,8
S	51,0	47,6	43,0	37,9	33,9	32,0	28,2	23,0	18,5	12,5	8,1
T	56,1	52,7	48,1	43,1	39,2	37,4	33,8	28,9	24,7	19,2	15,4

L <sub>eq</sub> [dB]	Taajuus [Hz]										
	Raken- nus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
<b>U</b>	56,1	52,7	48,1	43,2	39,2	37,4	33,8	28,9	24,8	19,2	15,4
<b>V</b>	56,0	52,6	48,1	43,1	39,1	37,3	33,7	28,8	24,6	19,1	15,3
<b>W</b>	56,0	52,6	48,0	43,0	39,0	37,3	33,6	28,7	24,6	19,0	15,2
<b>X</b>	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,5	19,0	15,1
<b>Y</b>	55,9	52,5	47,9	43,0	39,0	37,2	33,5	28,6	24,5	18,9	15,1
<b>Z</b>	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,5	19,0	15,1
<b>AA</b>	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,6	19,0	15,2
<b>AB</b>	56,0	52,6	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,6	19,0	15,2
<b>AC</b>	56,5	53,1	48,6	43,6	39,6	37,8	34,2	29,4	25,3	19,8	16,1
<b>AD</b>	56,1	52,8	48,2	43,2	39,2	37,5	33,9	29,0	24,9	19,4	15,6
<b>AE</b>	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,6	19,0	15,2
<b>AF</b>	56,0	52,6	48,0	43,0	39,0	37,3	33,7	28,8	24,6	19,1	15,3
<b>AG</b>	56,2	52,8	48,2	43,2	39,2	37,5	33,9	29,0	24,9	19,4	15,6
<b>AH</b>	50,1	46,6	42,0	36,9	32,8	30,9	27,0	21,7	17,1	10,8	6,2
<b>AI</b>	55,5	52,1	47,6	42,6	38,6	36,8	33,2	28,3	24,1	18,6	14,7
<b>AJ</b>	55,4	52,0	47,5	42,5	38,5	36,7	33,1	28,2	24,0	18,5	14,6
<b>AK</b>	55,1	51,7	47,1	42,1	38,1	36,3	32,7	27,8	23,6	18,0	14,1
<b>AL</b>	54,9	51,5	46,9	41,9	37,9	36,1	32,5	27,5	23,3	17,7	13,7
<b>AM</b>	55,1	51,7	47,1	42,1	38,1	36,4	32,7	27,8	23,7	18,1	14,3
<b>AN</b>	54,4	51,0	46,4	41,4	37,4	35,6	31,9	26,9	22,7	17,0	12,9
<b>AO</b>	53,6	50,2	45,6	40,6	36,6	34,7	31,0	26,0	21,7	16,0	11,9
<b>AP</b>	51,3	47,8	43,3	38,2	34,1	32,2	28,4	23,2	18,7	12,6	8,1
<b>AQ</b>	54,2	50,8	46,2	41,2	37,2	35,4	31,8	26,9	22,7	17,1	13,2
<b>AR</b>	54,2	50,8	46,2	41,2	37,2	35,4	31,8	26,9	22,7	17,1	13,3
<b>AS</b>	54,9	51,5	46,9	41,9	38,0	36,2	32,5	27,7	23,6	18,1	14,3
<b>AT</b>	55,1	51,7	47,1	42,2	38,2	36,4	32,8	27,9	23,8	18,4	14,7
<b>AU</b>	54,5	51,1	46,6	41,6	37,6	35,8	32,1	27,2	23,1	17,5	13,7
<b>AV</b>	54,4	51,0	46,5	41,5	37,5	35,7	32,1	27,2	23,1	17,5	13,8
<b>AW</b>	52,2	48,7	44,1	39,1	35,1	33,2	29,4	24,4	20,0	14,1	9,9
<b>AX</b>	53,6	50,2	45,7	40,7	36,7	34,8	31,2	26,3	22,1	16,5	12,7

Taulukko 10. Pienitaajuisen melun mallinnustulokset VE2-suunnitelmalle. Ohjearvot eivät ylitä millään rakennuksella.

L <sub>eq</sub> [dB]	Taajuus [Hz]										
	Raken- nus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
A	53,2	49,7	45,2	40,2	36,1	34,3	30,6	25,6	21,3	15,5	11,5
B	54,7	51,3	46,7	41,7	37,7	35,9	32,3	27,4	23,2	17,6	13,8
C	56,2	52,9	48,3	43,3	39,3	37,6	34,0	29,1	25,0	19,5	15,7
D	56,2	52,8	48,3	43,3	39,3	37,5	33,9	29,1	24,9	19,4	15,7
E	54,4	51,0	46,5	41,5	37,5	35,7	32,1	27,2	23,1	17,6	13,8
F	56,1	52,7	48,1	43,1	39,1	37,4	33,7	28,9	24,7	19,2	15,4
G	56,0	52,6	48,1	43,1	39,1	37,3	33,7	28,8	24,7	19,2	15,4
H	55,7	52,3	47,7	42,7	38,8	37,0	33,4	28,5	24,4	18,8	15,1
I	50,1	46,6	42,0	37,0	32,9	30,9	27,1	21,8	17,2	11,0	6,4
J	55,7	52,4	47,8	42,8	38,8	37,0	33,4	28,5	24,4	18,8	14,9
K	56,1	52,8	48,2	43,2	39,2	37,5	33,8	29,0	24,8	19,3	15,5
L	55,4	52,0	47,4	42,4	38,5	36,7	33,0	28,1	24,0	18,4	14,5
M	55,5	52,1	47,6	42,6	38,6	36,8	33,2	28,3	24,1	18,5	14,6
N	55,9	52,6	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,7	24,6	19,0	15,2
O	55,3	51,9	47,3	42,3	38,3	36,5	32,9	27,9	23,7	18,1	14,1
P	54,3	50,9	46,4	41,4	37,4	35,6	32,0	27,1	22,9	17,5	13,7
Q	55,6	52,2	47,7	42,7	38,7	36,9	33,3	28,4	24,2	18,7	14,8
R	55,4	52,0	47,4	42,4	38,4	36,6	33,0	28,1	23,9	18,3	14,5
S	49,3	45,8	41,2	36,1	32,0	30,0	26,2	20,8	16,1	9,7	5,0
T	55,9	52,5	47,9	42,9	38,9	37,2	33,6	28,7	24,6	19,0	15,3
U	55,6	52,3	47,7	42,7	38,7	37,0	33,3	28,5	24,3	18,8	15,0
V	55,8	52,4	47,8	42,8	38,9	37,1	33,5	28,6	24,5	18,9	15,1
W	55,7	52,3	47,8	42,8	38,8	37,0	33,4	28,5	24,4	18,9	15,1
X	55,7	52,3	47,7	42,7	38,8	37,0	33,4	28,5	24,3	18,8	15,0
Y	55,6	52,2	47,7	42,7	38,7	36,9	33,3	28,4	24,3	18,7	14,9
Z	55,7	52,3	47,7	42,7	38,7	37,0	33,3	28,5	24,3	18,8	15,0
AA	55,7	52,3	47,7	42,7	38,8	37,0	33,4	28,5	24,3	18,8	15,0
AB	55,7	52,3	47,7	42,8	38,8	37,0	33,4	28,5	24,4	18,8	15,0
AC	56,3	52,9	48,4	43,4	39,4	37,6	34,0	29,2	25,1	19,7	16,0
AD	55,9	52,5	48,0	43,0	39,0	37,2	33,6	28,8	24,7	19,2	15,4
AE	55,6	52,2	47,7	42,7	38,7	36,9	33,3	28,4	24,3	18,8	15,0
AF	55,7	52,3	47,7	42,7	38,7	37,0	33,4	28,5	24,4	18,8	15,1
AG	55,6	52,2	47,6	42,6	38,7	36,9	33,3	28,4	24,3	18,8	15,0
AH	48,4	44,9	40,3	35,2	31,0	29,0	25,0	19,5	14,6	7,9	2,7
AI	55,2	51,8	47,2	42,2	38,2	36,5	32,8	27,9	23,8	18,3	14,5

L <sub>eq</sub> [dB]	Taajuus [Hz]										
	Rakenus	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
<b>AJ</b>	55,1	51,7	47,1	42,1	38,2	36,4	32,7	27,8	23,7	18,2	14,4
<b>AK</b>	54,7	51,3	46,8	41,8	37,8	36,0	32,3	27,4	23,3	17,7	13,9
<b>AL</b>	54,5	51,1	46,6	41,6	37,6	35,8	32,1	27,2	23,0	17,5	13,6
<b>AM</b>	53,6	50,2	45,6	40,6	36,6	34,8	31,1	26,2	21,9	16,2	12,3
<b>AN</b>	53,7	50,3	45,7	40,7	36,7	34,9	31,2	26,2	21,9	16,2	12,2
<b>AO</b>	52,1	48,7	44,1	39,1	35,0	33,1	29,4	24,3	19,9	13,9	9,5
<b>AP</b>	50,0	46,5	41,9	36,8	32,7	30,7	26,9	21,6	16,9	10,5	5,7
<b>AQ</b>	53,8	50,4	45,8	40,8	36,8	35,0	31,4	26,4	22,3	16,7	12,9
<b>AR</b>	53,8	50,4	45,8	40,8	36,8	35,0	31,4	26,5	22,3	16,7	13,0
<b>AS</b>	54,6	51,2	46,7	41,7	37,7	35,9	32,3	27,4	23,3	17,9	14,1
<b>AT</b>	54,8	51,4	46,9	41,9	37,9	36,1	32,5	27,7	23,6	18,2	14,5
<b>AU</b>	54,3	50,9	46,3	41,3	37,3	35,5	31,9	27,0	22,9	17,3	13,6
<b>AV</b>	54,1	50,7	46,1	41,1	37,1	35,4	31,7	26,9	22,7	17,3	13,5
<b>AW</b>	51,6	48,1	43,6	38,5	34,5	32,6	28,9	23,8	19,4	13,5	9,3
<b>AX</b>	53,3	49,9	45,4	40,4	36,4	34,6	30,9	26,0	21,9	16,3	12,5

## 3 Väkelaskelmat

### 3.1 Menetelmä ja lähtötiedot

Selkeällä ja aurinkoisella säällä tuuliturbiinien roottorin lavat voivat synnyttää nopeasti pyörivän varjon, mikä saattaa aiheuttaa häiritsevää välkettä rakennusten ikkunoissa ja pihoilla. Välkkeeseen ja sen häiritsevyyteen vaikuttaa voimalan napakorkeus, roottorin halkaisija, auringon sijainti, etäisyys, sää, näkyvyysolosuhteet, tuulen suunta, metsän korkeus ja maaston topografia. Tuulivoimaloiden sallitulle varjostukselle ei ole Suomessa säädettyjä ohjearvoja. Suomessa noudatetaan yleisesti samoja ohjeita kuin Ruotsissa. Ruotsin ohjeistuksen mukaisesti välkeaika ei saa ylittää 8 tuntia vuodessa tai 30 minuuttia päivässä [8].

Välkemallinnus on tehty WindPRO:n SHADOW-moduulilla ja laskennassa on käytetty WindPRO versiota 4.1.273. Auringonpaistetilastojen ja tuulisuusdatan perusteella voidaan laskea keskimääräinen vuosittainen välke tunteina kullekin rakennukselle. Tilanteita, joissa aurinko on alle 3° horisontin yläpuolella ja roottorin lavat peittävät alle 20 % auringon pinta-alasta, ei ole huomioitu laskelmissa.

Mallinnuksessa käytetyt puiston käyttötunnit on arvioitu ERA 5 [9] reanalyysidatan perusteella. ERA 5 data on ladattu WindPRO:lla 100 m korkeudelle ja ekstrapoloitu turbiinien napakorkeuksille käyttäen WindPRO:n suosittelemaa geneeristä tuuliväännettä  $\alpha = 0.27$ .

Käyttötunnit sektoreittain on esitetty taulukossa 11. Auringonpaistetunnit perustuvat Ilmatieteen laitoksen säähavaintoihin Seinäjoelta [10]. Mallinnuksessa käytetyt keskimääräiset auringonpaistetunnit vuorokaudessa on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 11. Rautajalan tuulipuiston vuosittaiset käyttötunnit sektoreittain.

Sektori	N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW
VE1, Käyttötunnit (h/vuosi)	633	494	447	430	563	798	1 064	1 209	998	718	558	584
VE2, Käyttötunnit (h/vuosi)	633	494	447	430	563	798	1 064	1 209	998	718	558	584

Taulukko 12. Laskelmissa käytetty auringonpaistetuntien keskimääräinen lukumäärä kuukausittain.

Kuukausi	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
Keskim. auringon- paistetun- nit vuoro- kaudessa	0,97	2,54	4,68	6,30	8,61	9,20	8,65	6,68	4,67	2,58	1,03	0,55

Varjoreseptorit (rakennukset) on määritelty Ruotsin ohjeistuksen mukaisesti vaakatasossa olevaksi 5 m x 5 m kokoiseksi levyksi, joka on sijoitettu 2 m maanpinnan yläpuolelle. Laskelmissa käytetty topografia perustuu Maanmittauslaitoksen korkeusdataan. Puut ja muu kasvillisuus voivat vähentää välkevaikutuksia tietyissä paikoissa. Laskelmat on tehty ottamatta metsän vaikutusta huomioon.

Myös lavan leveys vaikuttaa välkkeen muodostumiseen. Rautajalan, Akkalankankaan ja Pihtinevan turbiineissa lavan mitat on skaalattu vastaamaan 200 m halkaisijan turbiinin lapoja. Käytetyt mitat on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Mallinnuksessa käytetyt turbiinien lavan leveydet.

Tuulipuisto	Lavan maksimi leveys[m]	Lavan leveys 90 % säteestä [m]	Lähde
Rautajalka	4,91	1,46	EMD (Nordex N175/6.X 6800)
Akkalankangas			
Pihtineva			

### 3.2 Välkevaikutukset

Rakennuksiin kohdistuvan väkemannuksen tulokset on esitetty taulukossa 14 VE1- ja VE2-suunnitelmalle. Liitteen C kartoissa on esitetty alueet, joissa keskimääräisenä vuotena 8 tunnin suositusarvo ylittyy. Kartat on esitetty molemmille suunnitelmille (VE1 ja VE2) ilman metsän vaikutusta (kuvat C1 ja C2). Laskelmien perusteella VE1-suunnitelmassa 30 minuutin päivittäinen suositusarvo ylittyy rakennuksilla C, D, F, G, H, J, L, U, AC, AE, AF, AG, AR, AS, AT ja AV. Laskelmien perusteella VE2-suunnitelmassa 30 minuutin päivittäinen suositusarvo ylittyy rakennuksilla C, D, F, G, H, J, L, U, AC, AE, AF, AG, AL, AR, AS, AT ja AV. VE1-suunnitelmassa 8 tunnin vuosittainen suositusarvo ylittyy rakennuksilla H, L, AA, AC, AR, AS ja AT. VE2-suunnitelmassa 8 tunnin vuosittainen suositusarvo ylittyy rakennuksilla L, AA, AC, AR, AS ja AT. Rakennuksien C, D, F, G, J, L, AC, AE ja AF kohdalla väkettä aiheutuu ainoastaan viereisestä Pihtinevan tuulipuistosta. Rakennuksen H kohdalla väkettä aiheutuu Pihtinevan ja Rautajalan yhteisvaikutuksena. Rakennuksien AR, AS, AT ja AV kohdalla väkettä aiheutuu ainoastaan viereisestä Akkalankankaan tuulipuistosta. Rakennuksien U ja AG kohdalla ylitys johtuu Rautajalan VE1- ja/tai VE2-suunnitelman turbiineista. Rakennuksen AL kohdalla ylitys tapahtuu vain Rautajalan VE2-suunnitelmalla. Suositusarvojen sisällä pysyminen voidaan toteuttaa rajoittamalla väkettä aiheuttavia turbiineja.

Taulukko 14. Väkemallinnuksen tulokset VE1- ja VE2-suunnitelmalle. Arvot, jotka ylittävät suositellun rajan (30 minuuttia päivässä ja 8 tuntia vuodessa) on merkitty punaisella.

Rakennus	Välke päivässä [h:min]		Välke vuodessa [h:min]	
	VE1	VE2	VE1	VE2
A	00:26	00:26	03:14	03:01
B	00:25	00:24	04:01	01:40
C	00:46	00:46	07:48	07:48
D	00:45	00:45	07:35	07:35
E	00:24	00:00	03:12	00:00
F	00:32	00:32	05:23	05:23
G	00:32	00:32	05:26	05:26
H	00:31	00:31	08:21	06:44
I	00:00	00:00	00:00	00:00
J	00:31	00:31	04:31	04:31
K	00:25	00:25	03:19	03:19
L	00:31	00:31	10:00	10:00
M	00:28	00:28	02:28	02:28
N	00:23	00:23	04:02	04:02
O	00:27	00:27	02:32	02:32
P	00:00	00:28	00:00	06:41
Q	00:25	00:25	06:27	06:27
R	00:24	00:24	01:58	01:54
S	00:00	00:00	00:00	00:00

Rakennus	Välke päivässä [h:min]		Välke vuodessa [h:min]	
	VE1	VE2	VE1	VE2
T	00:26	00:26	07:11	07:11
U	00:53	00:50	05:47	03:37
V	00:26	00:26	05:40	05:40
W	00:25	00:25	04:44	04:44
X	00:19	00:19	02:12	02:12
Y	00:11	00:11	00:46	00:46
Z	00:00	00:25	06:44	06:44
AA	00:27	00:27	08:07	08:07
AB	00:25	00:25	06:54	06:54
AC	00:31	00:31	12:25	12:25
AD	00:28	00:28	07:39	07:39
AE	00:32	00:32	06:40	06:40
AF	00:33	00:33	06:38	06:38
AG	01:02	00:50	05:45	03:55
AH	00:00	00:00	00:00	00:00
AI	00:00	00:25	00:00	02:05
AJ	00:24	00:27	01:41	02:23
AK	00:20	00:20	02:19	02:19
AL	00:25	00:33	01:43	03:23
AM	00:30	00:27	05:02	03:25
AN	00:23	00:27	01:29	02:24
AO	00:00	00:00	00:00	00:00
AP	00:00	00:00	00:00	00:00
AQ	00:30	00:30	03:48	03:48
AR	00:31	00:31	12:50	12:50
AS	00:31	00:31	10:15	10:15
AT	00:34	00:34	14:08	14:08
AU	00:30	00:30	03:19	03:19
AV	00:31	00:31	05:12	05:12
AW	00:00	00:00	00:00	00:00
AX	00:00	00:00	00:00	00:00

## 4 Lähdeluettelo

- [1] Ympäristöministeriö, "Tuulivoimaloiden melun mallintaminen," Helsinki, 2014.
- [2] EMD, "windPRO User Manual; <http://help.emd.dk/knowledgebase/>," EMD International AS, 2021.
- [3] Ympäristöministeriö, "Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista," <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107>, 2015.
- [4] Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, "Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista," <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>, 2015.
- [5] V. Hongisto, J. Radun, V. Rajala, H. Maula, J. Keränen ja P. Saarinen, "Miksi ympäristömelu häiritsee? Anojanssi-projektin loppuraportti," Turun ammattikorkeakoulun raportteja 265, Turku, 2020.
- [6] The International Electrotechnical Commission (IEC), "Wind turbines - Part 14: Declaration of apparent sound power level and tonality values," 2005.
- [7] Ympäristöministeriö, "Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästöjen takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä (muistio YM9/551/2016)," Ympäristöministeriö, 2016.
- [8] Boverket, Vindkraftshandboken - Planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [9] Copernicus Climate Change Service, "ECMWF Reanalysis v5 (ERA5)," [Online]. Available: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/ecmwf-reanalysis-v5>.
- [10] Ilmatieteen laitos, "Auringonpaiste- ja säteilytilastot," 2022. [Online]. Available: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>. [Haettu 12 1 2022].
- [11] Luonnonvarakeskus, "Luke - aineistolatauspalvelu," [Online]. Available: <https://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html>. [Haettu 2023].

## Liite A. Rakennusten ja voimaloiden koordinaatit

Taulukko A1. Rakennusten koordinaatit.

Rakennus	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
A	336578	7066586
B	336824	7068253
C	337907	7072716
D	337951	7072711
E	338111	7065571
F	338113	7072681
G	338160	7072629
H	338252	7070118
I	338362	7061990
J	338542	7072306
K	338616	7073618
L	338659	7070416
M	338827	7072121
N	338993	7073173
O	339099	7071429
P	339265	7064621
Q	340877	7071661
R	341274	7069816
S	341624	7060359
T	341638	7071427
U	341690	7069480
V	341716	7071316
W	341754	7071269
X	341840	7071168
Y	341872	7071113
Z	342061	7071044
AA	342285	7070922
AB	342372	7070887
AC	342391	7071363
AD	342489	7071036
AE	342897	7070417
AF	342917	7070466
AG	343180	7069352
AH	344507	7059495
AI	344576	7069481
AJ	344584	7069289
AK	345394	7069592

Rakennus	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
AL	345410	7068505
AM	346077	7066834
AN	346133	7067930
AO	347420	7065567
AP	347851	7062217
AQ	349332	7066301
AR	349534	7065705
AS	349730	7067489
AT	349788	7067285
AU	349820	7068526
AV	349854	7065410
AW	349964	7063483
AX	351029	7064095

Taulukko A2. Voimaloiden koordinaatit VE1-suunnitelmassa.

Turbiinien sijoittelu	Turbiinin nimi	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
		Itä	Pohjoinen
VE1	1	343094	7067896
VE1	2	344283	7066875
VE1	3	343861	7066084
VE1	4	344243	7065475
VE1	5	345256	7065399
VE1	6	344582	7064821
VE1	7	342396	7067113
VE1	8	342362	7067905
VE1	9	341533	7067132
VE1	10	340985	7067748
VE1	11	339809	7067339
VE1	12	339675	7068117
VE1	13	338730	7068085
VE1	14	339224	7066661
VE1	15	339101	7067440
VE1	16	338369	7067088
VE1	17	341759	7066412
VE1	18	342455	7066330
VE1	19	343145	7066192
VE1	20	342058	7065561
VE1	21	341317	7065438
VE1	22	341018	7066111
VE1	23	342514	7064318
VE1	24	341917	7064660
VE1	25	343583	7064850
VE1	26	343129	7065390
VE1	27	343174	7064071
VE1	28	343919	7064226
VE1	29	342788	7063263
VE1	30	343547	7063445

Taulukko A3. Voimaloiden koordinaatit VE2-suunnitelmassa.

Turbiinien sijoittelu	Turbiinin nimi	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
		Itä	Pohjoinen
VE2	1	343083	7067611
VE2	2	342112	7067513
VE2	3	341013	7067689
VE2	4	340320	7067699
VE2	5	339896	7068148
VE2	6	340031	7066852
VE2	7	339122	7066676
VE2	8	338414	7067064
VE2	9	340328	7066160
VE2	10	341443	7067129
VE2	11	342108	7066789
VE2	12	342209	7065584
VE2	13	341517	7065175
VE2	14	340801	7065506
VE2	15	342251	7064455
VE2	16	342861	7065747
VE2	17	342572	7066377
VE2	18	343239	7066484
VE2	19	343904	7066857
VE2	20	344433	7067440

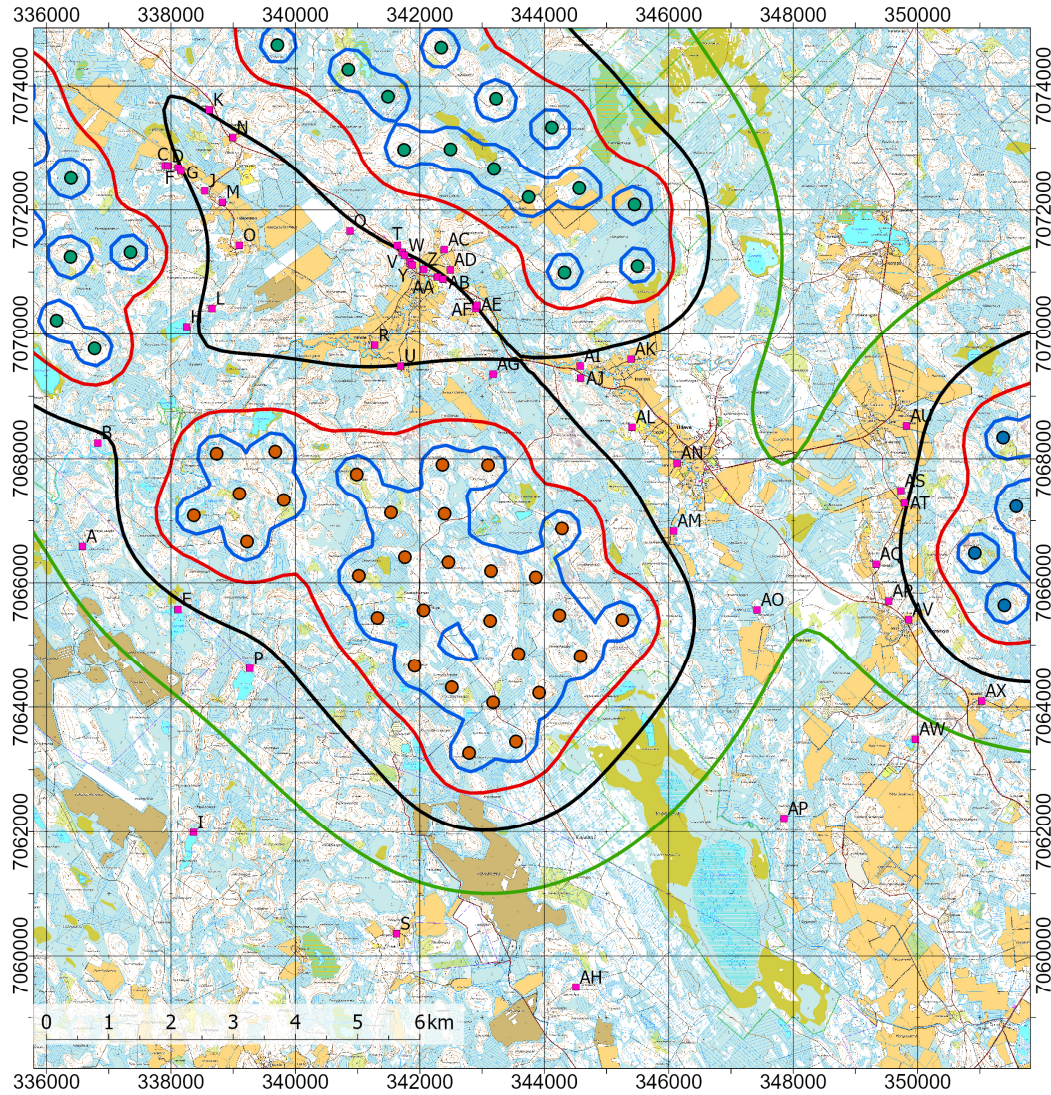
Taulukko A4. Ympäröivien tuulipuistojen voimaloiden koordinaatit.

Turbiini	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
AKK01	350918	7066483
AKK02	351376	7068343
AKK03	351392	7065640
AKK04	351583	7067237
AKK05	351990	7066464
AKK06	352136	7068509
AKK07	352319	7065744
AKK08	352363	7067490
AKK09	352563	7068163
AKK10	352989	7067436
AKK11	353302	7069036
AKK12	353402	7068276
AKK13	353474	7066744
AKK14	353675	7067476
AKK15	354015	7068736
AKK16	354125	7069549
AKK17	354448	7065731
AKK18	354462	7067220
AKK19	354468	7067970
AKK20	355162	7067659
AKK21	355258	7066097
AKK22	355806	7068016
AKK23	356054	7066645
AKK24	356133	7065966
AKK25	356786	7065979
AKK26	357334	7064987
AKK27	357909	7065587
AKK28	358066	7065039
PIH01	327493	7080879
PIH02	334916	7080924
PIH03	326673	7080846
PIH04	328373	7080746
PIH06	328915	7080121
PIH07	336091	7080107
PIH08	325833	7079822
PIH09	326954	7079808
PIH10	327857	7079670
PIH11	336750	7079496
PIH12	329315	7079265
PIH13	337502	7079237
PIH14	338583	7079171
PIH15	339488	7079062

Turbiini	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
PIH16	328261	7079000
PIH17	341673	7078896
PIH18	342656	7078786
PIH19	340323	7078666
PIH20	326431	7078599
PIH21	327317	7078601
PIH22	337737	7078366
PIH23	341773	7078046
PIH24	340574	7077913
PIH25	339061	7077861
PIH26	338100	7077748
PIH27	342877	7077698
PIH28	326451	7077616
PIH29	336295	7077559
PIH30	337106	7077452
PIH31	327137	7077191
PIH32	341960	7077158
PIH33	339128	7076855
PIH34	340263	7076697
PIH35	331082	7076638
PIH36	337438	7076482
PIH37	341914	7076211
PIH38	329973	7076196
PIH39	340897	7076194
PIH40	342574	7076008
PIH41	338290	7075921
PIH42	331266	7075805
PIH43	339797	7075701
PIH44	330434	7075485
PIH45	341273	7075296
PIH46	331862	7075200
PIH47	334322	7074675
PIH48	339714	7074658
PIH49	333295	7074655
PIH50	342340	7074618
PIH51	332230	7074358
PIH52	340852	7074260
PIH53	330691	7074248
PIH54	329892	7074163
PIH55	335510	7073932
PIH56	341490	7073830
PIH57	334674	7073827
PIH58	343223	7073796

Turbiini	Koordinaatit (ETRS TM35FIN)	
	Itä	Pohjoinen
PIH59	331186	7073794
PIH60	332541	7073461
PIH61	333495	7073434
PIH62	331719	7073391
PIH63	344123	7073332
PIH64	335684	7073090
PIH65	342490	7072981
PIH66	341746	7072973
PIH67	343193	7072662
PIH68	334273	7072646
PIH69	331821	7072556
PIH70	336396	7072515
PIH71	333323	7072396
PIH72	334880	7072358
PIH73	332439	7072280
PIH74	343750	7072210
PIH75	344560	7072352
PIH76	345451	7072087
PIH77	335593	7071697
PIH78	333652	7071369
PIH79	332607	7071362
PIH80	337350	7071319
PIH81	336385	7071244
PIH82	334573	7071146
PIH83	345501	7071096
PIH84	344323	7070996
PIH85	336165	7070220
PIH86	336772	7069762

## Liite B. ISO 9613-2 melumallinnuskartat



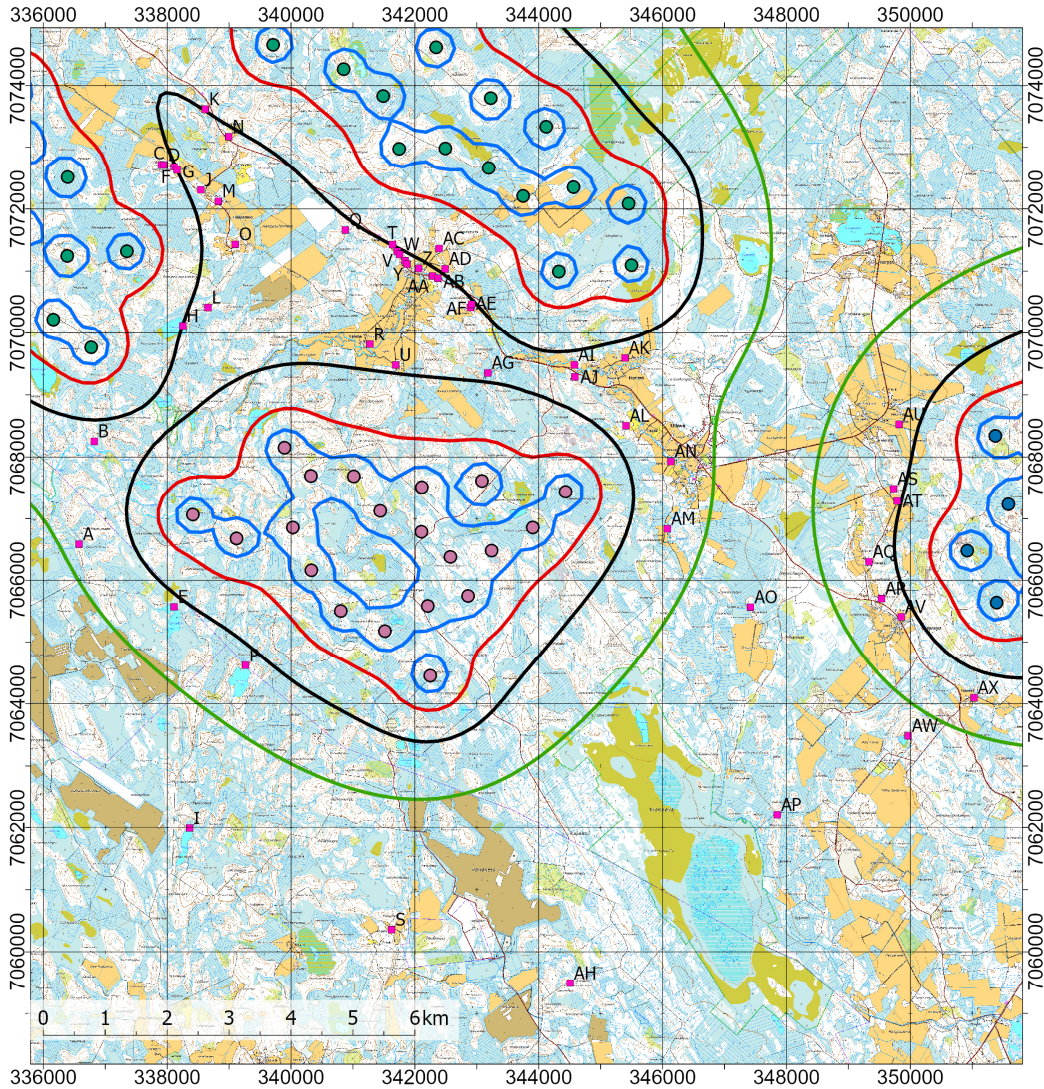
- Rakennukset
- Pihtineva
- Akkalankangas
- Rautajalka VE1
- Melutaso LAeq [dB]
- 35
- 40
- 45
- 50

### Rautajalan tuulipuisto

Version: J01  
Date: 2025-10-17  
EUREF-FIN TM35FIN



Kuva B1: ISO 9613-2 melumallinnus Rautajalan tuulipuiston VE1-suunnitelmalle. Rakennus M sijaitsee rakennuksen N vieressä.



Rautajalan tuulipuisto

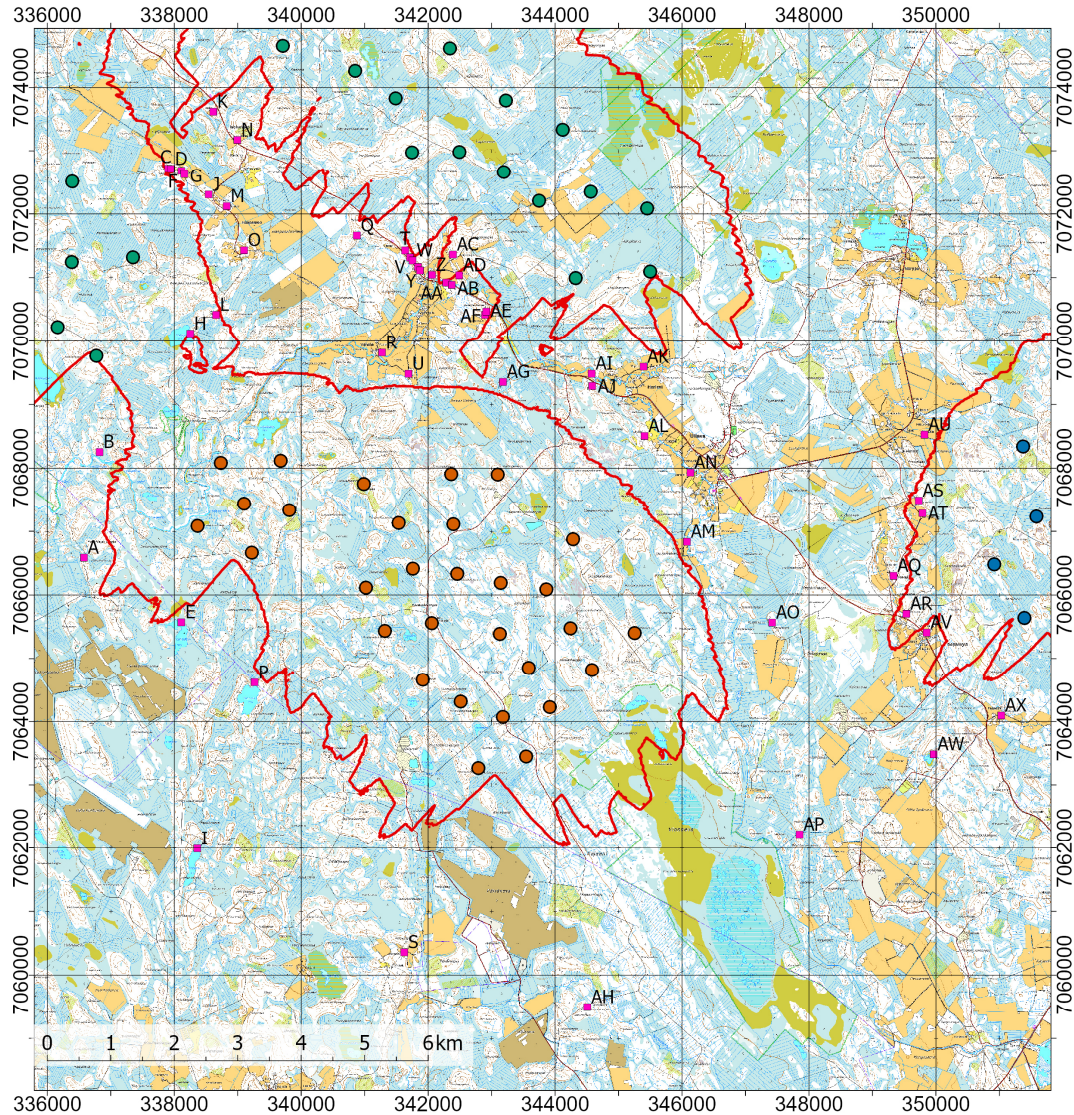
- Rakennukset
  - Pihtineva
  - Akkalankangas
  - Rautajalka VE2
- Melutaso LAeq [dB]
- 35
  - 40
  - 45
  - 50

Version: J01  
Date: 2025-10-17  
EUREF-FIN TM35FIN



Kuva B2: ISO 9613-2 melumallinnus Rautajalan tuulipuiston VE2-suunnitelmalle.

## Liite C. Vätkemallinnuskartat



- Rakennukset
- Pihtineva
- Akkalankangas
- Rautajalka VE1
- VE1 väkjetunnit 8h/ vuosi

Rautajalan tuulipuisto

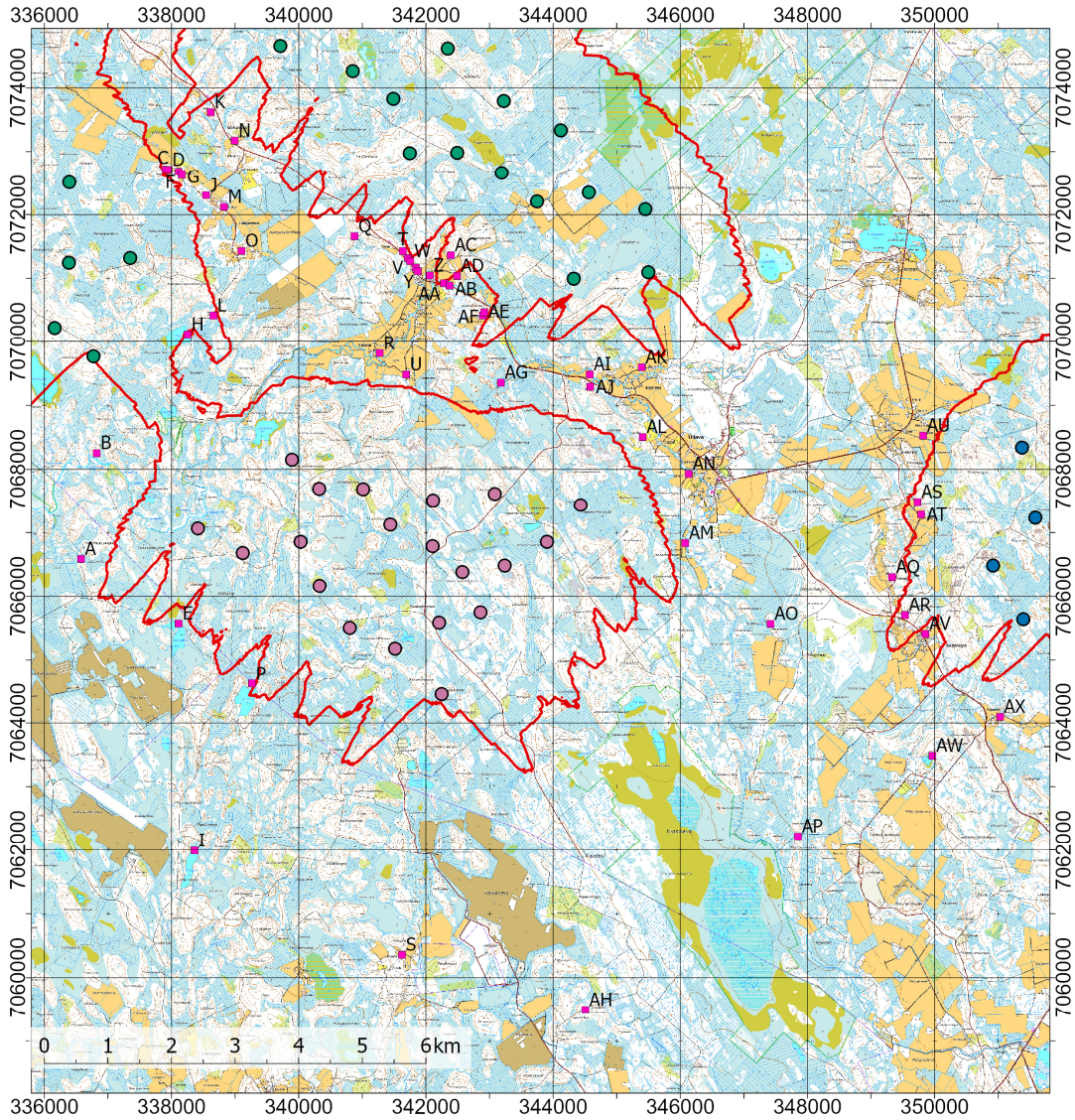
**KJELLER**  
VINDTEKNIKK  
Part of Norconsult

Version: J01  
Date: 2025-10-17

EUREF-FIN TM35FIN



Kuva C1: Vätkemallinnus Rautajalan tuulipuiston VE1-suunnitelmalle, metsää ei huomioitu.



- Rakennukset
- Pihtineva
- Akkalankangas
- Rautajalka VE2
- VE2 väketunnit 8h/vuosi

Rautajalan tuulipuisto

Version: J01  
Date: 2025-10-17  
EUREF-FIN TM35FIN



Kuva C2: Välkemallinnus Rautajalan tuulipuiston VE2-suunnitelmalle, metsää ei huomioitu.

## Liite D. Asiakkaalta saatu data

Turbiinien ja läheisten tuulipuistojen koordinaatit

- *Koordinaatit VE1 ja VE2\_2025.xlsx*
- *Akkalankangas\_points.shp*
- *Pihtineva turbiinit.shp*

Rakennusten sijainnit

- *Rautajalka\_asuin\_lomarakennukset\_20250917.shp*

Turbiinidata

*11.03\_Third octave sound power levels\_F008\_278\_A17\_EN\_R03.pdf*